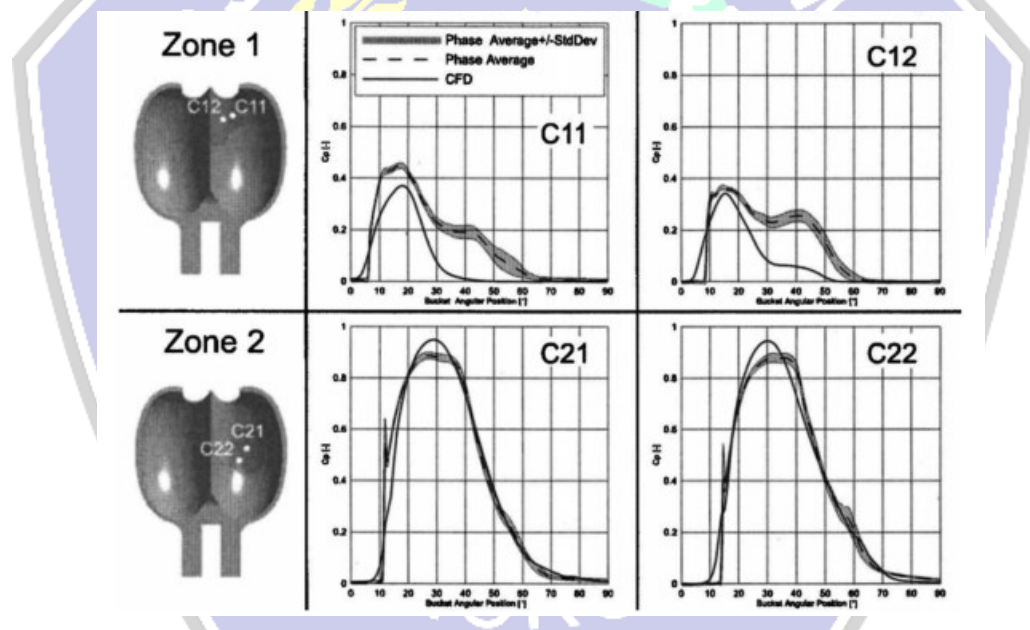


## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Bhattarai Suyesh dkk. (2019) melakukan penelitian tentang variasi baru dalam teknik pemodelan bucket turbin pelton untuk meningkatkan produksi energi terbarukan dengan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Hasil penelitian tersebut yaitu dengan desain *bucket Elliptic* yang telah divariasikan panjang, lebar dan kedalamannya dapat meningkatkan efisiensi sebesar 6,8% dan otomatis akan meningkatkan daya yang diperoleh dari turbin air tersebut.



Gambar 2.1 Simulasi CFD desain bucket *Elliptic* (Suyesh, 2019)

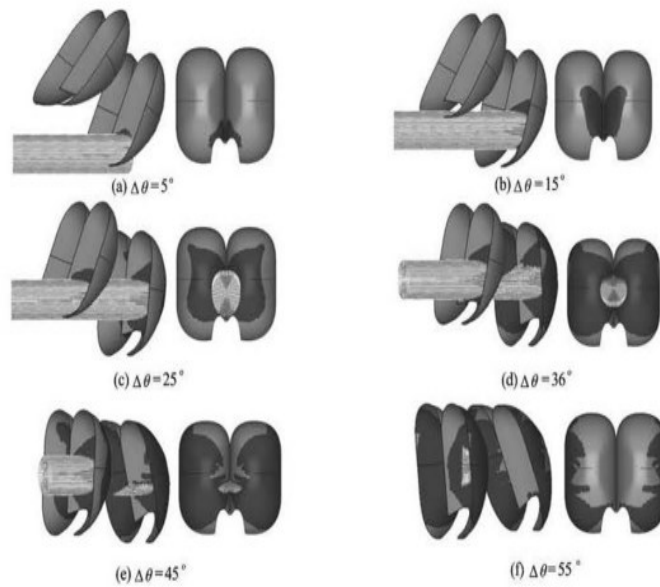
Mafruddin dkk. (2019) dengan metode eksperimental menganalisis efek dari variasi jumlah *bucket* dan diameter nozel terhadap unjuk kerja turbin pelton. Spesifikasi turbin yang diteliti memiliki diameter *runner* sebesar 150 mm, panjang *bucket* 31, 1 mm, lebar *bucket* 14, 6 mm, kedalaman *bucket* 6, 45 mm dan nozel yang berjumlah 1 buah. Variasi jumlah *bucket* yang dipakai berjumlah 19, 21, dan 23 serta diameter nozel divariasikan dengan ukuran 8

mm dan 10 mm. Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah besar daya yang dihasilkan dari masing-masing variasi turbin. Hasil daya turbin yang paling optimal diperoleh dengan memakai *bucket* berjumlah 21 dan nozel dengan diameter 8 mm sebesar 2,15 Watt.



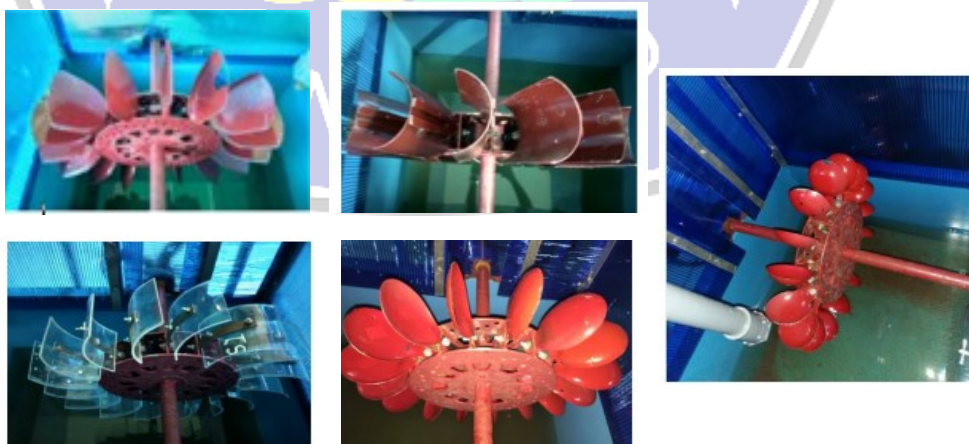
Gambar 2.2 Salah Satu Bentuk Variasi Jumlah Sudu (Mafruddin, 2019)

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Anagnostopoulos John S. dkk. (2012). Peneliti menggunakan metode simulasi Lagrangian cepat untuk menganalisis aliran dan desain *runner* pada turbin pelton. Sistem pengumpanan terdiri dari dua injektor dengan diameter nosel 0,036 m dan diameter semburan maksimum pada *Vena Contracta* sekitar 0,031 m. Air disuplai dengan kecepatan variabel 3 tahap berdaya 220 kW pompa sentrifugal dan sirkulasi air melalui 300 m<sup>3</sup> pada tangki air Laboratorium, titik operasi desain *runner* adalah 270,6 m<sup>3</sup>/h untuk *head net* 129,6 m, pada kecepatan 1.150 rpm serta dengan posisi sudut sudu turbin sebesar 36°. Dari penelitian tersebut dapat dicapai secara keseluruhan efisiensi sekitar 82%.



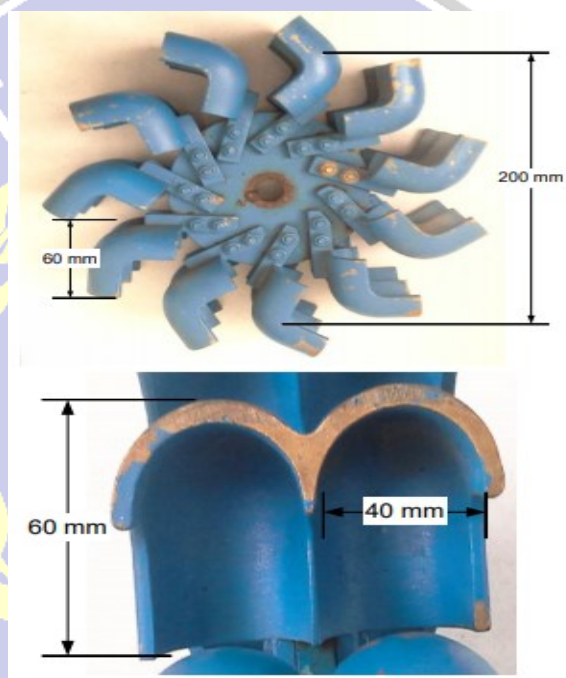
Gambar 2.3 Variasi Sudut (John, 2012)

Ahmad Yani (2017) membuat rancang bangun alat praktikum berupa turbin air dengan menguji desain dari sudu terhadap torsi dan daya turbin menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini mevariasikan desain sudu diantaranya terdiri dari sudu sendok sayur, sudu sendok nasi, sudu sudu datar, sudu setengah silinder dan sudu lerngkung. Selain itu peneliti juga mengontrol putaran dari poros turbin sebesar 0 rpm, 50 rpm, 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm, 300 rpm dan 350 rpm. Hasilnya didapat torsi dan daya turbin maksimum terjadi pada desain sudu berbentuk sendok sayur sebesar 0,555 Nm dan daya sebesar 5,652 Watt.



Gambar 2.4 Variasi Sudu (Ahmad Yani, 2017)

Priangkos T. dkk. (2017) melakukan pengujian efisiensi dari turbin pelton dengan desain sudu berbentuk setengah pipa elbow. Peneliti menggunakan metode eksperimen dengan variasi tiga buah nozel berdiameter 12, 13, dan 14 mm yang memiliki sudut 90 derajat terhadap sudu turbin. Efisiensi yang dihasilkan oleh turbin pelton sudu setengah lingkaran siku memberikan efisiensi yang baik dengan digunakannya nozel berdiameter lebih besar dan pada daya hidrolis yang lebih besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran diameter nozel, daya hidrolis yang diperoleh turbin dan beban yang diberikan kepada turbin.



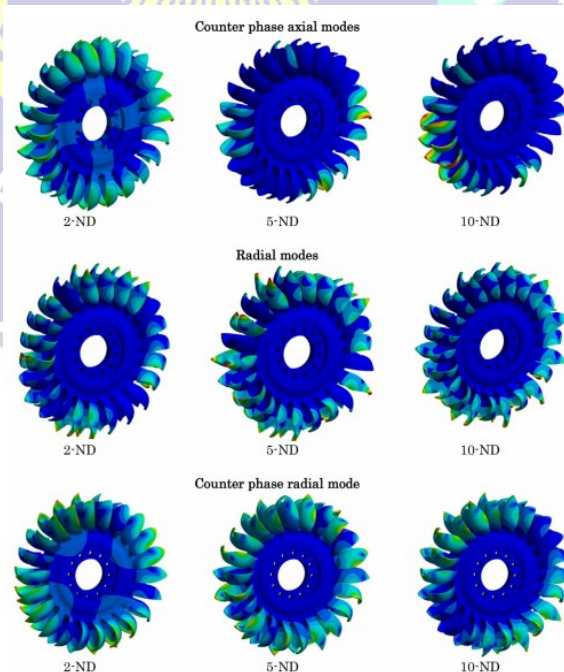
Gambar 2.5 Bentuk Sudu (Priangkos T. et al 2017)

Gunarto dan Aspiyansyah (2017) melakukan penelitian dari hasil rekayasa pemodelan alat praktikum turbin pelton dengan bentuk sudu setengah silinder menggunakan metode eksperimen. Dalam proses penelitian ini peneliti memvariasikan bukaan katub yang berbeda yaitu  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , dan  $\frac{1}{4}$ . Hasil pengujian yang telah dilakukan sebanyak tiga kali pengujian menggunakan debit yang sama sebesar 0,126 liter/menit dan bukaan katub sebesar  $\frac{3}{4}$  (full),  $\frac{1}{2}$  serta  $\frac{1}{4}$  menghasilkan efisiensi sebesar 72,8%.



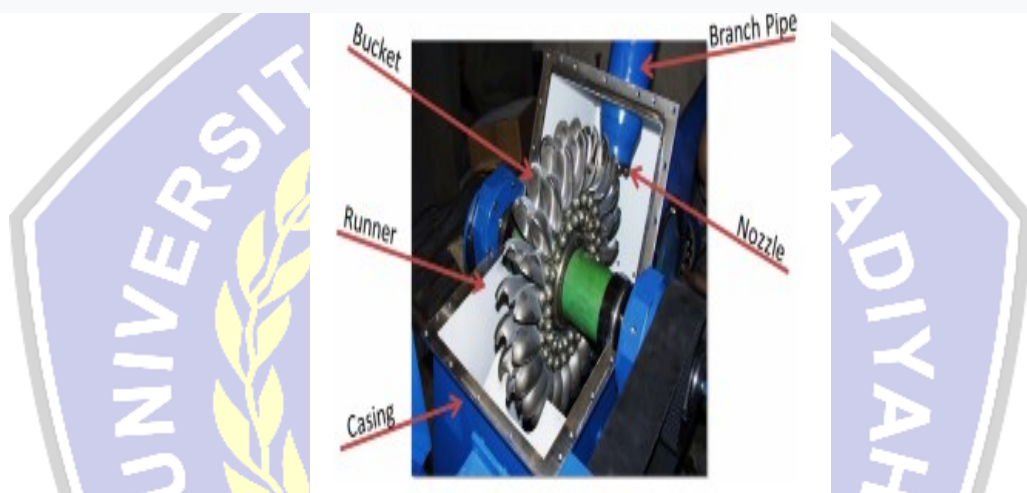
Gambar 2.6 Bentuk Turbin (Gunarto dan Aspiyansyah 2017)

Egusquiza M. dkk. (2020) dengan metode eksperimen dan analisa numerik melakukan penelitian prototype mengenai respon dinamis pelton *runners*. Variasi yang digunakan berupa Bentuk model aksial, tangensial, dan counter pass dari pelton dengan dua (2-ND), lima (5-ND) dan sepuluh (10-ND) diameter nodal. Beberapa kesimpulan dapat diambil yaitu peningkatan diameter simpul piringan dari 2 ND menjadi 4 ND terjadi untuk mengurangi sebagian besar massa getar piringan, yang menjelaskan perbedaan besar antara frekuensi pertama dan untuk mode lebih tinggi dari 5 ND deformasi disk sangat kecil sehingga hampir tidak menunjukkan variasi, bahkan jika jumlah diameter nodal ditingkatkan.



Gambar 2.7 Variasi bentuk model sudu turbin (Egusquiza M. 2020)

Selanjutnya penelitian dari Zidonis A. dkk. (2015) melakukan Pemodelan numerik turbin Pelton Tercanggih. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan software *ANSYS CFX* dengan variasi Simulasi injektor dan jet, Simulasi bucket stasioner, Simulasi bucket berputar. Hasil dari penelitian ini adalah simulasi terbaik turbin pelton yang hasilnya stabil dan akurat digunakan Model turbulensi  $k-\omega$  SST dan Homogen Volume Cairan model multifase. Gravitasi dan tegangan permukaan biasanya diasumsikan dapat diabaikan dan penyederhanaan geometri pelari dibuat untuk mengurangi biaya komputasi.



Gambar 2.8 Model Tata letak Turbin Pelton Modern (Zidonis A. 2015)

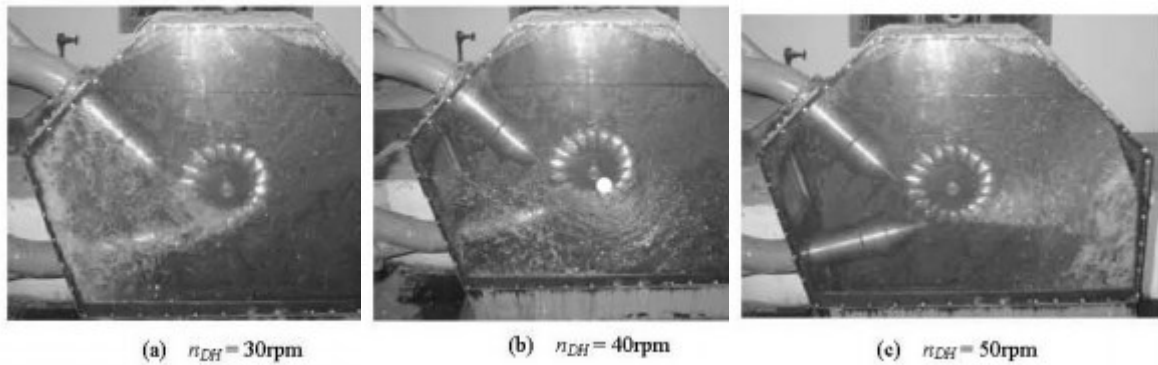
Chavez J. C. dkk. (2014) melakukan analisis kegagalan impeller pelton dengan menggunakan metode simulasi CFD dan model numerik. Variasi dalam penelitian ini diantaranya berupa analisa mikroskopik pada impeller, analisa micro structural, analisis permukaan rekahan, status beban, pengujian terhadap tegangan dan kalkulasi pada factor keamanan. Dari analisis ini didapatkan hasil bidang tekanan yang dihasilkan oleh interaksi antara fluida dan ember. Bidang tekanan memungkinkan penghitungan kondisi beban dengan margin kesalahan 3% dalam nilai torsi sehubungan dengan nilai eksperimen. Analisis elemen hingga memungkinkan pembentukan keadaan stres yang mana *impeller* terkena selama operasi dan titik kritis di leher zona *bucket* diidentifikasi, bertepatan dengan retakan yang ditemukan. Zona ini berada di bawah tegangan tarik karena efeknya dari gaya sentrifugal dan kompresi saat ember

bersentuhan dengan jet, menyebabkan kelelahan. Faktor keamanan dihitung pada 1,37 dan 1,02.



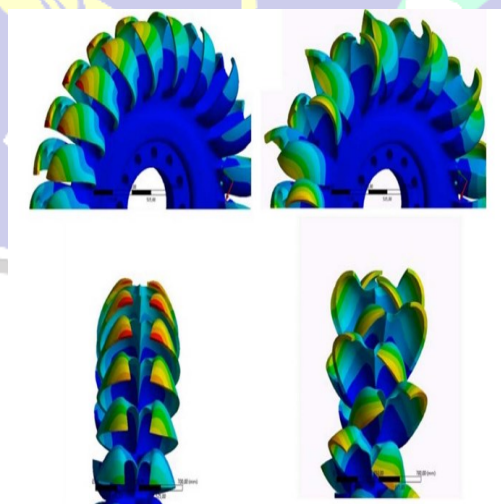
Gambar 2.9 Distribusi Tegangan Putaran Impeler dan Medan Tekanan (Chavez J. C. 2014)

Xiang Y. X. dkk. (2007) melakukan penelitian dengan prediksi numerik kinerja dinamis turbin pelton. Peneliti memvariasikan pengaturan numeric dan kecepatan rpm untuk memperoleh hasil efisiensi pelepasan dinamis dari *bucket*, efisiensi energi dinamis dari *bucket*, efisiensi daya dinamis *bucket*, efisiensi hidrolis dinamis dari turbin pelton dan rata-rata efisiensi keseluruhan waktu turbin. Hasil dari penelitian ini adalah penurunan efisiensi lebih kecil di nDH yang lebih rendah terutama dihasilkan dari yang lebih pendek dari tempat aliran air di *bucket* terbuka. Sebaliknya, efisiensi semakin besar kerusakan di nDH yang lebih tinggi disebabkan oleh defisiensi gangguan pada tahap pertama, yaitu defisiensi debit karena jet tidak efektif dan kekurangan aliran listrik karena aliran tumpah dari potongan sudu di tahap terakhir kinerja dinamis. Jet yang tidak efektif dan aliran listrik yang tidak stabil mungkin menyebabkan gangguan jet multi-nosel turbin pelton. Efisiensi maksimal pada penelitian menggunakan metode CFD dan eksperimen terdapat pada 40 rpm dimana CFD menghasilkan efisiensi sebesar 92,4% dan eksperimen menghasilkan 91,1%.



Gambar 2.10 Aliran Air Dinamis Didalam Model Tes Turbin Pelton (Xiang Y. X. 2007)

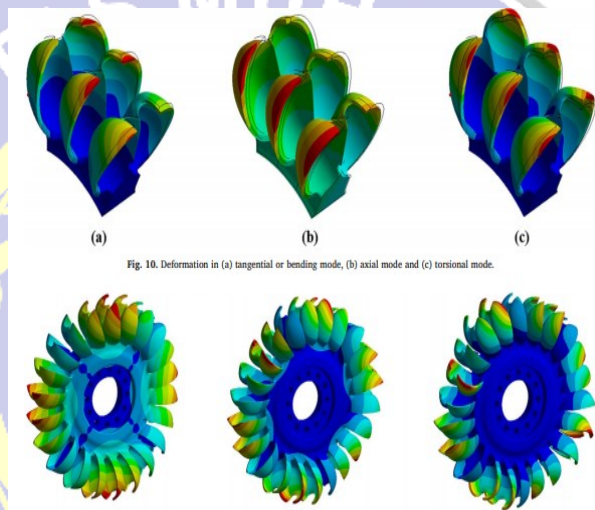
Egusquiza M. dkk. (2018) dengan metode simulasi metode numerik (FEM) melakukan pemantauan kondisi lanjutan turbin pelton yang telah beroperasi. Dalam melakukan pemantauan kondisi digunakan variasi pita sub-sinkron ( $1-0,8 \text{ dst}$ ) untuk masalah bantalan, pita di sekitar frekuensi putar ( $0,8-1,8 \text{ ff}$ ) untuk mendeteksi ketidakseimbangan, pita untuk ketidaksejajaran ( $1,8-3,8 \text{ ff}$ ), pita untuk keausan bantalan dan eksitasi rotor alami frekuensi ( $3,8 \text{ hingga } f_p - 1,8\text{ff}$ ), pita di sekitar frekuensi lewat blade ( $f_p \pm 1,8\text{ff}$ ). Hasilnya dari jenis kerusakan utama yang ditemukan pada mesin (erosi pasir, kebengkokan atau kavitasi), yang paling berbahaya adalah kebengkokan, sering kali disebabkan oleh ketidaksejajaran jet, yang dapat menyebabkan *bucket runner* rusak.



Gambar 2.11 Perbedaan Efek Penempatan Jet Sejajar Dan Tidak Sejajar (Egusquiza M. 2018)



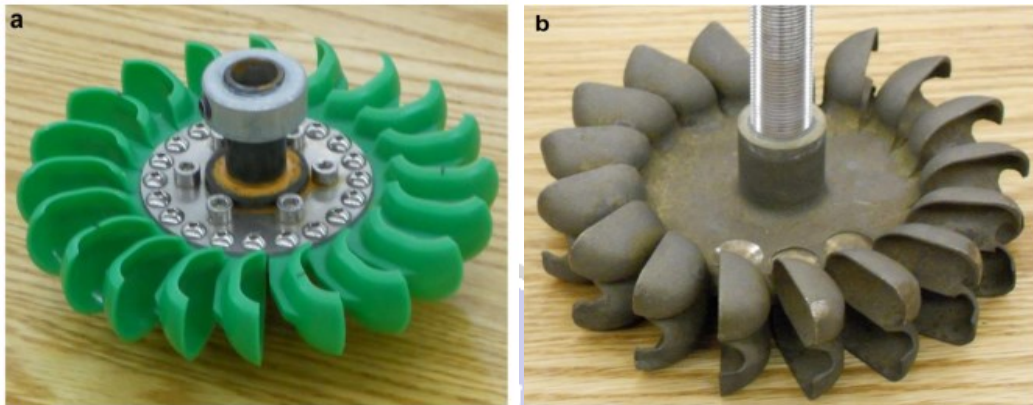
Egusquiza M. dkk. (2017) melakukan investigasi kegagalan turbin pelton *runners* dengan menggunakan metode numeric FEM dan analisis EMA. Dalam penelitian ini menggunakan variasi rentang frekuensi pita lebar 100–140 Hz dan 450–600 Hz yang menunjukkan eksitasi frekuensi alami. Dengan amplitudo yang jauh lebih rendah menggunakan pita 600–700 Hz serta menggunakan variasi sudut tangensial atau mode bending, mode aksial dan mode torsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *centered jet* menghasilkan distribusi tegangan yang simetris dengan maksimum pada *root splitter*. *Jet* yang tidak sejajar menunjukkan tegangan asimetris. Respons dinamis *runner* pada 220 Hz (distribusi tegangan) dengan *jet* terpusat.



Gambar 2.12 Investigasi Variasi Sudu (Egusquiza M. 2017)

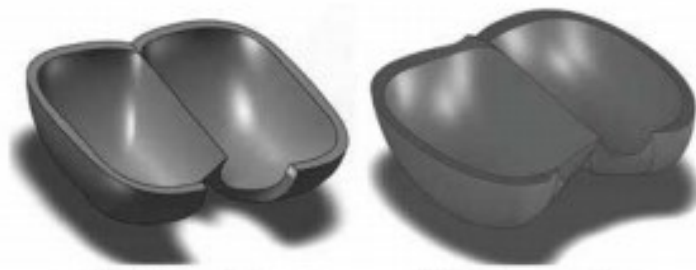
Cobb B. R. dkk. (2013) melalui metode eksperimen melakukan penelitian tentang Karakteristik kinerja turbin impuls (Turgo dan Pelton) dan dampaknya terhadap instalasi *pico-hydro*. Variasi yang digunakan peneliti tersebut merupakan perbandingan kinerja antara model turbin turgo dan turbin pelton. Untuk turbin impuls, rasio kecepatan yang tepat (rasio sekitar 0.4e0.5) sangat penting untuk transfer energi yang efisien dari semburan air ke poros generator. Secara teoritis, titik efisiensi puncak untuk turbin Turgo harus terjadi pada kira-kira  $x \frac{1}{4} 0,53$  untuk sudut jet 20. Secara eksperimental, efisiensi puncak terjadi pada rasio kecepatan yang sedikit lebih rendah, kira-kira 0,46e0,48. Demikian pula, titik efisiensi puncak teoritis untuk Pelton adalah pada rasio kecepatan 0,50, tetapi secara eksperimental mendekati 0,41.

Pertimbangan kedua yang berkaitan dengan rasio kecepatan adalah pergeseran titik efisiensi puncak untuk sistem dengan efisiensi turbin rendah.



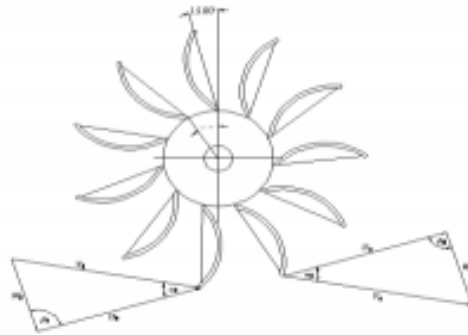
Gambar 2.13 Perbedaan Model Sudu Turbin Turgo Dan Turbin Pelton (Cobb B. R. 2013)

Audrius Z. dkk. (2015) meneliti tentang Optimasi parametrik dari dua desain *runner* turbin Pelton menggunakan CFD. Peneliti memvariasikan dua desain *runner* turbin pelton yaitu dengan desain initial dan optimum. Hasil dari simulasi sangat konsisten satu sama lain dan kesalahan perhitungan meskipun relatif kecil mempengaruhi hasil. Pengaruh parameter geometris yang paling penting dari *runner* terhadap nilai efisiensi relatifnya, diselidiki dan disimpulkan bahwa umumnya tidak tergantung pada kecepatan spesifik maupun desain model, melainkan kemiringan yang sama pada grafik parameter terhadap efisiensi untuk dua spesifik. Di sisi lain, nilai optimal yaitu, nilai pada titik pada grafik efisiensi maksimum, untuk setiap parameter terpenting tampaknya sangat bergantung pada kecepatan tertentu. Reslutasi efisiensi dari model initial mencapai 100% sedangkan untuk model optimum mencapai 106,8%.



Gambar 2.14 Dua Desain *runner* Turbin Pelton (Audrius Z. 2015)

Lalu penelitian selanjutnya dari Pietersz R. dkk. (2013) meneliti pengaruh dari divariasikannya jumlah sudu terhadap optimalisasi unjuk kerja turbin kinetik roda tunggal. Dengan metode simulasi peneliti menggunakan sudu turbin kinetik yang divariasikan kuantitasnya yaitu 11, 9, 7 dan 5. Melalui pengujian tersebut juga memvariasikan debit air sebesar  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hasil maksimum yang didapat yaitu terjadi divariansi sudu berjumlah 11 dengan daya sebesar 20,41 watt, tingkat efisiensi sebesar 71,42%, dan torsi sebesar 3,73 Nm.



Gambar 2.15 Desain Bentuk Dan Sudu Sudu Turbin Pelton (Pietersz R. 2013)

## 2.2 ENERGI AIR

Air merupakan salah satu dari sekian banyak sumber energi yang berlimpah kuantitasnya dan terdapat di banyak tempat. Didalam air terdapat dua energi yang tersimpan yaitu energi potensial (energi pada saat air jatuh) dan energi kinetik (energi pada saat air mengalir) atau biasa tenaga air (*Hydropower*). Dari pengertian tersebut, energi air dapat dimanfaatkan dengan cara mengubah wujudnya menjadi energi mekanis maupun energi listrik. Energi air kebanyakan dimanfaatkan menggunakan kincir air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau bisa juga dengan air yang mengalir pada sungai (Hendarto, 2012).

## 2.3 PERSAMAAN ENERGI

Persamaan energi dari prinsip unjuk kinerja turbin air adalah mengkonversi energi dari debit air yang dialirkan menjadi energi listrik. Dari pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa energi aliran air dapat diubah

menjadi bentuk energy lainnya. Energi dalam aliran air dapat dibagi dalam beberapa bentuk (Fritz Dietzel, 1980), antara lain:

**a. Energi Kinetik**

Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda akibat pengaruh pergerakannya, energi kinetik mempunyai massa  $m$  (kg) dan kecepatan  $v$  (m/s), dapat dirumuskan:

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

$Ek$  = Energi kinetik (J)

$m$  = Massa benda (kg)

$v$  = Kecepatan (m/s)

**b. Energi Potensial**

Energi potensial adalah suatu energi yang muncul dikarenakan pengaruh gaya gravitasi bumi  $g$  (m/s<sup>2</sup>) dan tinggi dari jatuhnya air  $h$  (m) yang berasal dari masa jenis ( $\rho$ ) dengan fluida dan bisa dihitung dengan persamaan:

$$Ep = m \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$Ep$  = Energi potensial (J)

$m$  = Massa benda (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s)

$h$  = Ketinggian (m)

**c. Hukum Kekekalan Energi**

Ilmu fisika telah menerangkan hukum kekekalan energi dinyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, tetapi energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya tanpa merubah besar maupun jumlah energi baik sebagian maupun secara keseluruhan. Berikut adalah persamaan mekanik yang memiliki keterkaitan hubungan dengan hukum kekekalan energi (Halliday, 1991):

$$Em = Ep + Ek \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$E_m$  = Energi mekanik (N.m)

$E_p$  = Energi potensial ( $m/s^2$ )

$E_k$  = Energi kinetik (J).

## 2.4 PENGERTIAN TURBIN AIR

Turbin merupakan mesin penggerak pertama dimana energi yang berasal dari fluida kerja dapat secara langsung memutar roda turbin, fluida kerja yang dimaksud kebanyakan berasal dari air, angin, uap dan gas. Dari penjelasan tersebut turbin air dapat disimpulkan sebagai sebuah mesin yang bergerak dan memiliki kegunaan untuk merubah energi potensial melalui fluida kerja berupa air menjadi energi kinetik. Turbin merubah energi kinetik yang berasal dari air menjadi energi mekanis dan air yang akan memutar roda dari turbin (Sularso dan Harou, 1983).

Turbin air merupakan salah satu peralatan utama yang sangat vital kegunaannya selain generator dalam suatu sistem PLTA. Turbin air merupakan suatu peralatan untuk mengubah energi yang dihasilkan oleh air menjadi energi puntir. Energi puntir yang dihasilkan akan diubah menjadi energi listrik oleh suatu mesin yang bernama generator (Luknanto, 2007)

Prasetyo (2018), menyatakan turbin air memiliki banyak keuntungan diantaranya adalah:

- a. Ruang yang diperlukan lebih kecil daripada turbin lainnya.
- b. Mampu membangkitkan daya yang lebih besar dengan ukuran yang relatif kecil.
- c. Dapat beroperasi dengan tingkat kecepatan yang lebih tinggi.
- d. Mampu memanfaatkan beda ketinggian permukaan air mulai dari yang terendah hingga yang tertinggi.
- e. Dapat bekerja dengan baik meskipun terendam didalam air.
- f. Memiliki tingkat efisiensi yang relatif baik.
- g. Dapat dikonstruksikan dengan desain poros berbentuk datar maupun tegak.

## 2.5 KOMPONEN TURBIN

Komponen utama penyusun turbin diungkapkan oleh Nugroho (dalam Prasetyo, 2018) sebagai berikut:

### a. Stator

Stator turbin adalah bagian yang diam dan memiliki dua bagian, yaitu:

#### 1) *Casing*

*Casing* adalah wadah yang berfungsi untuk penempatan sebuah rotor. Diluar casing juga terpasang sebuah bantalan yang memiliki fungsi untuk menyangga rotor.

#### 2) Sudu tetap (*fixed blade*)

Sudu merupakan tempat terjadinya konversi energi terjadi pada turbin. Sudu terdiri dari beberapa bagian yaitu akar sudu, badan sudu dan ujung sudu yang dirangkai membentuk satu lingkaran penuh.

### b. Rotor

Rotor adalah bagian yang bergerak dengan cara berputar terdiri dari:

#### 1) Poros

Poros berbentuk silinder panjang yang solid dan padat. Dalam pengoperasiannya poros dipasang dengan rotor agar dapat berputar saat terkena fluida.

#### 2) Sudu gerak

Sudu gerak adalah sudu-sudu yang dipasang disekeliling rotor membentuk satu lingkaran penuh.

#### 3) Bantalan

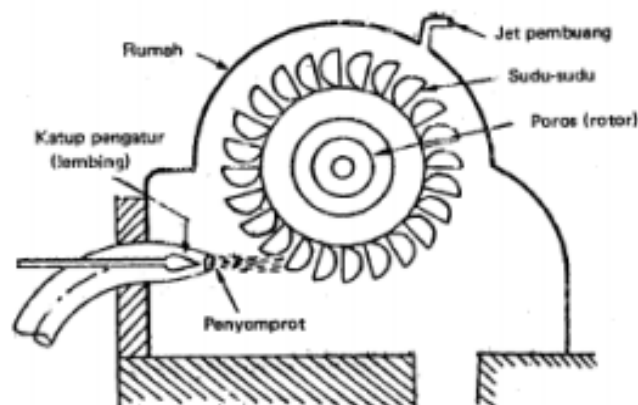
Bantalan berfungsi untuk menyangga rotor agar dapat stabil dan lurus berputar dengan aman dan bebas didalam suatu casing turbin. Adanya bantalan yang menyangga turbin selain bermanfaat untuk menjaga rotor turbin tetap pada posisinya juga menimbulkan kerugian mekanik karena gesekan.

## 2.6 JENIS-JENIS TURBIN AIR

Menurut prinsip kerjanya turbin air terbagi menjadi dua jenis yaitu turbin impuls serta turbin reaksi. Sebelum adanya perkembangan menjadi turbin Pelton maupun turbin Crossflow dimana keduanya masuk dalam kategori turbin impuls, turbin Francis serta turbin Kaplan yang masuk kedalam jenis turbin reaksi, beberapa jenis turbin yang memiliki konstruksi relatif sederhana sudah ada sebelumnya. Selain hal itu penyempurnaan telah dilakukan dengan memodifikasi rancangan turbin-turbin yang telah dibuat sebelumnya seperti turbin Pelton, turbin Crossflow, turbin Francis, dan turbin Kaplan (Dietzel, 1980).

## 2.7 TURBIN PELTON

Astu Pudjarnasa (2008) mengartikan bahwa turbin pelton disebut juga turbin impuls dengan pancaran fluida yang bebas dikarenakan tekanan air dalam nozel yang keluar sama dengan tekanan atmosfer. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan berbentuk lingkaran yang berputar karena terkena oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih nozel. Turbin ini sangat cocok diperuntukkan head yang tinggi dan merupakan jenis dari turbin air yang menghasilkan efisiensi terbaik. Sesuai dengan namanya, turbin tersebut ditemukan tahun 1880 oleh Lester A. Pelton yang merupakan seorang insinyur berasal dari Amerika Serikat.



Gambar 2.16 Skema Turbin Pelton (Prasetyo, 2018)

Dalam sistem kerjanya, turbin pelton mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian diantaranya adalah:

Keuntungan :

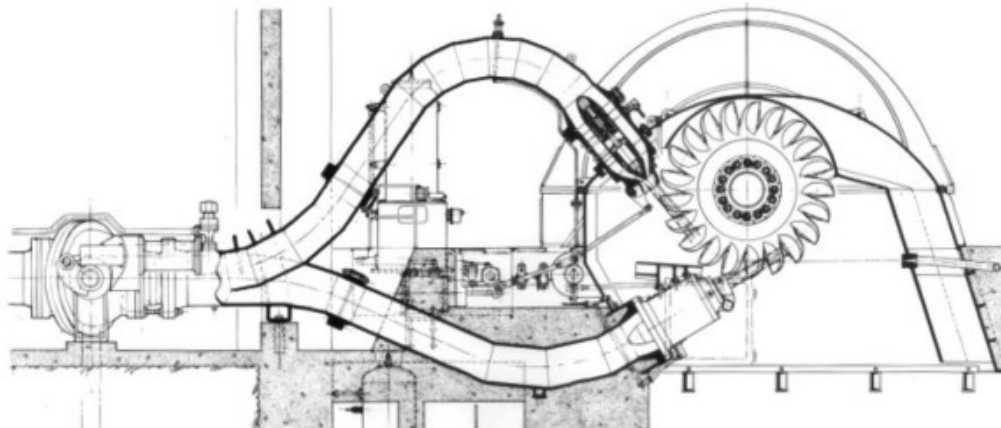
- a. Menghasilkan daya lebih besar.
- b. Kontruksi turbin sangat sederhana.
- c. Perawatan yang mudah.
- d. Mudah diaplikasikan di daerah manapun sekalipun daerah yang terisolir karena memiliki desain teknologi yang sederhana.

Kelemahan:

- a. Investasi dana yang diperlukan dalam pembuatannya lebih besar.

## 2.8 PRINSIP DASAR TURBIN PELTON

Turbin Pelton merupakan jenis dari turbin impuls bekerja dengan cara mengubah energi potensial yang didapat dari air menjadi energi kinetik yang bersumber dari tekanan air. Air dipancarkan dari mulut nozel mengenai sudu turbin yang telah terpasang pada *runner* sehingga membuatnya berputar. Dari putaran *runner* tersebut menghasilkan energi mekanik yang dapat memutar poros dari generator dan dapat dikonversi menjadi energi listrik.



Gambar 2.17 Prinsip Dasar Turbin Pelton (Egusquiza, 2020)

## 2.9 KOMPONEN-KOMPONEN UTAMA TURBIN PELTON

Dilihat dari desainnya, turbin pelton memiliki komponen utama sebanyak 3 buah yaitu:



a. Rumah Turbin

Rumah Turbin merupakan komponen yang paling utama dari turbin pelton karena dalam kinerjanya komponen ini memiliki fungsi untuk tempat duduknya *runner* dan pembatas dari air yang berceceran keluar dari nozel setelah mengenai sudu-sudu turbin. Rumah turbin harus memiliki desain diatas tinggi muka air agar *runner* tidak terendam serta diharuskan memiliki desain kontruksi yng cukup kokoh sebagai perlindungan jika terjadi kerusakan pada sudu maupun *runner* yang dapat terlempar saat turbin beroperasi.



Gambar 2.18 Rumah Turbin Pelton Skala Laboratorium (Suyesh, 2019)

b. Nosel

Nosel memiliki fungsi sebagai pengarah pancaran air menuju sudu-sudu turbin yang diperoleh dari banyaknya kapasitas air yang dapat memasuki suatu turbin. Turbin pelton memiliki kontruksi dengan satu nosel atau lebih dengan memperhatikan porosnya. Poros mendatar dilengkapi satu atau dua nosel, sedangkan turbin pelton yang memiliki desain poros tegak memiliki sampai 6 buah nosel. Ukuran nosel yang sesuai dengan kebutuhan turbin dapat memutar sudu lebih sempurna sehingga dapat meningkatkan efesiensi, daya dan torsi turbin. Dengan meningkatnya efesiensi dari turbin otomatis juga dapat meningkatkan energi yang dihasilkan sehingga turbin air mampu bekerja secara optimal menggunakan energi yang minimal.



Gambar 2.19 Nosel Turbin Pelton (Mochtadin, 2019)

c. Sudu Turbin

Komponen ini berbentuk seperti mangkok berjumlah banyak dan dipasang disekeliling *runner*. Setiap pemotongan pancaran air yang disebabkan oleh sudu pada umumnya berdasarkan gangguan atas pancaran tersebut. Sehingga secara mendadak seluruh atau sebagian aliran mengenai sudu dan terbelokkan. Biasanya untuk menjaga agar *runner* awet, digunakan bahan dalam pembuatan sudu yang lebih baik mutu dan kualitasnya, misalnya baja tahan karat.

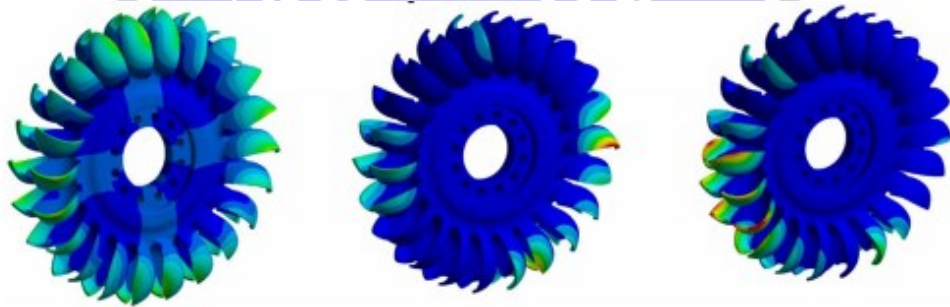


Gambar 2.20 Sudu Turbin Pelton (Mochtadin, 2019)

## 2.10 PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN

Perbedaan jumlah sudu akan berpengaruh pada kecepatan putar dari turbin. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi jumlah sudu sangat berpengaruh terhadap besarnya efisiensi yang dihasilkan turbin. Untuk itu penampang turbin dan sudu-sudunya harus ditinjau dengan teliti dan presisi agar mendapatkan

pemindahan gaya yang sangat baik. Banyak sedikitnya dari jumlah sudu turbin pelton merupakan variabel yang memiliki pengaruh sangat besar pada gaya tangensial sehingga membuat resultan gaya yang diperoleh juga menjadi lebih besar. Memvariasikan jumlah sudu dapat memungkinkan pengurangan besar nilai dari masing-masing gaya tangensial tersebut yang dihasilkan secara individual, namun resultan gaya yang dimiliki turbin tersebut menjadi lebih besar. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan memvariasikan variabel jumlah sudu akan memungkinkan untuk penambahan hasil putaran dan gaya tangensial yang terjadi serta dengan sendirinya dapat meningkatkan daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin pelton (Mafruddin, 2019).



Gambar 2.21 Variasi Jumlah Sudu Turbin Pelton (Egusquiza, 2020)

## 2.11 PARAMETER KINERJA TURBIN PELTON

Langkah pertama dalam menentukan parameter kinerja dari turbin pelton adalah mencari terlebih dahulu hasil dari torsi (T) yang dihasilkan oleh turbin dengan rumus,

$$T = F \times r_{pulley} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana F adalah gaya yang dihasilkan oleh poros turbin dan  $r_{pulley}$  adalah jari-jari *pulley*. Kemudian sebelum beranjak untuk menentukan efisiensi, perlu diketahui besar dari jumlah kecepatan aliran air (V) melalui rumus,

$$V = \frac{Q}{A} \text{ dan } A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana  $Q$  merupakan tinggi debit air lalu  $A$  adalah luas penampang dari nozel dan  $D$  merupakan diameter nozel. Efisiensi turbin  $\eta$  telah diperkirakan sebagai,

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana  $P_{out}$  adalah daya efektif yang didapat oleh poros turbin dari fluida melalui sudu dan *runner* turbin serta  $P_{in}$  adalah daya indikatif yang diberikan oleh fluida kepada sudu – sudu turbin masing-masing yang telah diperkirakan sebagai,

$$P_{out} = \theta \times \omega \text{ dan } \theta = T \times r_{runner} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan keterangan  $\theta$ ,  $\omega$ ,  $T$ , dan  $r_{runner}$  adalah koefisien torsi turbin, kecepatan putaran *runner*, output dari daya dorong tangensial atau torsi dan jari-jari *runner*. Disisi lain  $\rho$ ,  $Q$ ,  $g$  dan  $H$  adalah massa jenis air, laju aliran atau debit air melalui turbin, percepatan gravitasi dan head atau tinggi air yang melintasi turbin.

